

(11)Publication number : 2000-243574

(43)Date of publication of application : 08.09.2000

(51)Int.Cl.

H05B 33/22  
H05B 33/14

(21)Application number : 11-040539

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 18.02.1999

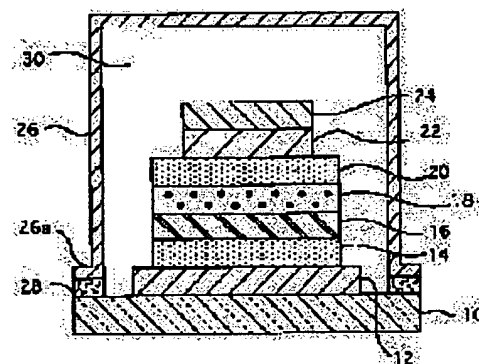
(72)Inventor : KOHAMA KEIICHI

(54) ORGANIC EL ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent deterioration in performance caused by an excessive carrier in the recombination of a hole and an electron in a light emitting layer without impairing light emitting characteristics.

SOLUTION: In an organic EL element having a light emitting layer 18 between an anode layer 12 and a cathode layer 24, and in which the flow rate of either one carrier of a hole and an electron flowing into the light emitting layer 18 is more than the other carrier, a carrier flow rate suppressing layer 16 for suppressing the flow rate of one carrier of an excessive flow rate is installed. Since the excessive flow rate of the carrier is suppressed with the carrier flow rate suppressing layer 16, the number of holes and that of electrons flowing into the light emitting layer 18 can easily be balanced. As a result, heat-generating amount caused by excessive carrier not used in recombination can be reduced, and deterioration of the organic EL element can be prevented.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 05.10.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テラコード (参考)
H05B 33/22		H05B 33/22	C 3K007
			D
33/14		33/14	A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-40539

(22) 出願日 平成11年2月18日(1999.2.18)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 小浜 恵一

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100081776

弁理士 大川 宏

Fターム(参考) 3K007 AB00 AB02 AB06 AB13 AB14

BB01 CA01 CB01 DA00 DB03

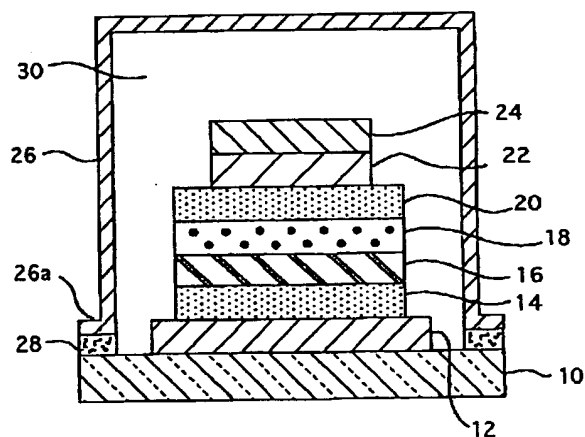
EB00 FA01 FA02 FA03

(54) 【発明の名称】 有機EL素子

(57) 【要約】

【課題】 発光特性を低下させることなく、発光層での正孔と電子との再結合において余剰となったキャリアによる性能の低下を防止する。

【解決手段】 陽極層12と陰極層24の間に発光層18を備え、発光層18へ流入する正孔と電子とのいずれか一方のキャリアの流量が他方のキャリアよりも過剰な有機EL素子において、前記流量の過剰な一方のキャリアの該流量を抑制するキャリア流量抑制層16を設ける。このキャリア流量抑制層16により、流量の過剰なキャリアの流量が抑制されるため、発光層18に流入する正孔と電子との数を容易に均衡させることができる。その結果、再結合で使われない余剰のキャリアによる発熱量を減らすことができ、有機EL素子の劣化を防止できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 陽極層と陰極層の間に発光層を備え、該発光層へ流入する正孔と電子とのいずれか一方のキャリアの流量が他方のキャリアよりも過剰な有機EL素子において、前記流量の過剰な一方のキャリアの該流量を抑制するキャリア流量抑制層が備えられていることを特徴とする有機EL素子。

【請求項2】 前記キャリア流量抑制層は、前記正孔の流量を抑制する正孔流量抑制層である請求項1に記載の有機EL素子。

【請求項3】 前記正孔流量抑制層は、前記陽極層と前記発光層との間に介設されている請求項2に記載の有機EL素子。

【請求項4】 前記正孔流量抑制層は、前記陽極層と前記発光層との間に介設された正孔輸送層の該発光層側の表面上に形成されている請求項3に記載の有機EL素子。

【請求項5】 前記正孔流量抑制層は、前記正孔輸送層よりも高い最高被占軌道のエネルギー準位（HOMO準位）を有する請求項4に記載の有機EL素子。

【請求項6】 前記正孔流量抑制層は、ナフチルピフェニルアミンの二量体からなる請求項2に記載の有機EL素子。

【請求項7】 前記正孔流量抑制層は、10nm以下の層厚を有する請求項6に記載の有機EL素子。

【請求項8】 前記正孔輸送層は、130℃以上のガラス転移温度を有する請求項4に記載の有機EL素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、表示装置などの発光素子として用いることができる有機EL素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より、ITO（インジウム・ティン・オキサイド）などの透明導電材料からなる透明な陽極層とMg-Ag合金などからなる陰極層との間に、有機質の蛍光分子を含む発光層が挟まれて形成された有機EL素子がある。こうした有機EL素子では、次の過程で発光が起こる。

【0003】 先ず、陽極層から正孔が発光層へ注入されるとともに、陰極層から電子が発光層へ注入される。発光層にそれぞれ移ってきた正孔及び電子は再結合して、エネルギーを放出する。発光層に含まれている蛍光分子は、そのエネルギーを吸収して励起するが、直ちに励起状態から基底状態に戻る。このとき、励起状態のエネルギー準位と基底状態のエネルギー準位との差に相当するエネルギーが、光エネルギーとして放出される。こうして発光層の外部に放出された光エネルギーは、陽極層を透過して、発光として視認される。

【0004】 多くの有機EL素子では、透明基板上に陽極層が形成され、透明基板を通じて発光させている。また、陽極層から注入される正孔や陰極層から注入される電子といったキャリアが発光層に輸送されやすくなるように、陽極層と発光層との間に正孔を輸送する正孔輸送層が設けられていたり、陰極層と発光層との間に電子を輸送する電子輸送層が設けられている。

【0005】 ところで、有機EL素子の発光効率は、発光層の発光性能の他に、正孔輸送層や電子輸送層のキャリア輸送性能にも大きく依存する。そこで、例えば特許第2597377号で開示されているように、ポリフィリン化合物及び芳香族第3アミンを併用して正孔輸送層を形成することが提案されている。この正孔輸送層は、正孔を安定に輸送することができ、有機EL素子の発光の安定性を向上させることができる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記従来の有機EL素子では、陽極層から注入される正孔と陰極層から注入される電子とのいずれか一方のキャリアが他方のキャリアよりも発光層への注入量が多いことがある。例えば、Alq<sub>3</sub>により形成された発光層を備える有機EL素子においては、陽極層からの正孔の注入量が陰極層からの電子の注入量よりも多くなってしまふ。このように、陽極層から注入される正孔の注入量と陰極層から注入される電子の注入量が異なると、発光層にそれぞれ輸送される正孔の輸送量と電子の輸送量とが異なってくる可能性がある。

【0007】 また、陽極層から注入される正孔の注入量と陰極層から注入される電子の注入量が同じであっても、正孔輸送層や電子輸送層のキャリアの輸送能力の違いなどにより、発光層にそれぞれ輸送される正孔の輸送量と電子の輸送量とが異なってくることもある。これらのように発光層にそれぞれ流入する正孔の流量と電子の流量とが異なると、正孔と電子との再結合で余剰となるキャリアが生じてくる。

【0008】 ところで、キャリアが電極間を移動する際には、ジュール熱が必然的に発生する。発光輝度を上げるなどの目的で、電極から発光層へ多量のキャリアを注入すると、キャリアによる発熱量が多くなる。その結果、発光層や正孔輸送層、電子輸送層などの陽極層及び陰極層で挟持されている層（挟持層と総称する）が劣化し、有機EL素子の性能が低下してしまう可能性がある。また、一度の発光で発熱する量は多いものではなくても多数繰り返して発光させると、挟持層を除々に劣化させ、有機EL素子の性能を低下させてしまう可能性がある。

【0009】 そこで、単純に有機EL素子の駆動電圧を下げ、キャリアの注入量を少なくすることにより、キャリアによる発熱の量を低下させる方法が考えられる。しかし、この方法では、再結合で使われない余剰のキャ

リアだけでなく、再結合するキャリアの注入量まで低下してしまい、発光輝度が低下してしまうことがある。従って、再結合するキャリアによって発生する熱は致し方ないにしても、再結合で使われない余剰のキャリアによって発生する熱については、出来る限り少なくして、挟持層の劣化を防止することが望まれる。

【0010】本発明は上記実情に鑑みてなされたものであり、発光特性を低下させることなく、発光層での正孔と電子との再結合において余剰となったキャリアによる性能の低下を防止することのできる有機EL素子を提供10することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明の請求項1に記載の有機EL素子は、陽極層と陰極層の間に発光層を備え、該発光層へ流入する正孔と電子とのいずれか一方のキャリアの流量が他方のキャリアよりも過剰な有機EL素子において、前記流量の過剰な一方のキャリアの該流量を抑制するキャリア流量抑制層が備えられていることを特徴とする。

【0012】上記課題を解決する本発明の請求項2に記載の有機EL素子は、請求項1に記載の有機EL素子において、前記キャリア流量抑制層は、前記正孔の流量を抑制する正孔流量抑制層であることを特徴とする。上記課題を解決する本発明の請求項3に記載の有機EL素子は、請求項2に記載の有機EL素子において、前記正孔流量抑制層は、前記陽極層と前記発光層との間に介設されていることを特徴とする。

【0013】上記課題を解決する本発明の請求項4に記載の有機EL素子は、請求項3に記載の有機EL素子において、前記正孔流量抑制層は、前記陽極層と前記発光層との間に介設された正孔輸送層の表面上に形成されていることを特徴とする。上記課題を解決する本発明の請求項5に記載の有機EL素子は、請求項4に記載の有機EL素子において、前記正孔流量抑制層が前記正孔輸送層よりも高い最高被占軌道のエネルギー準位（HOMO準位）を有することを特徴とする。

【0014】上記課題を解決する本発明の請求項6に記載の有機EL素子は、請求項2に記載の有機EL素子において、前記正孔流量抑制層は、ナフチルピフェニルアミンの二量体からなることを特徴とする。上記課題を解決する本発明の請求項7に記載の有機EL素子は、請求項6に記載の有機EL素子において、前記正孔流量抑制層が10nm以下の層厚を有することを特徴とする。

【0015】上記課題を解決する本発明の請求項8に記載の有機EL素子は、請求項4に記載の有機EL素子において、前記正孔輸送層が130℃以上のガラス転移温度を有することを特徴とする。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の有機EL素子では、仮にキャリア流量抑制層が設けられていないときには、発光50

層にそれぞれ流入する正孔と電子とのいずれか一方のキャリアの流量が他方のキャリアの流量よりも過剰となってしまうが、キャリア流量抑制層により流量の過剰な一方のキャリアの流量が抑制されるため、発光層に流入する正孔と電子との数を容易に均衡させることができる。

【0017】すなわち、陽極層から注入される正孔と陰極層から注入される電子とのいずれか一方のキャリアが他方のキャリアよりも発光層への注入量が多い場合や、又は陽極層から注入される正孔の注入量と陰極層から注入される電子の注入量が同じであっても、正孔輸送層や電子輸送層のキャリアの輸送能力の違いにより、発光層にそれぞれ輸送される正孔の輸送量と電子の輸送量とが異なる場合であっても、発光層に流入する正孔の流量と電子の流量とを均衡させることができる。

【0018】それゆえ、正孔と電子との再結合で余剰となるキャリアの数を減らすことができる。その結果、再結合で使われない余剰のキャリアが電極間を流れることによって発生する熱の量を少なくすることができる。従って、本発明の有機EL素子によれば、発光特性を低下させることなく、余剰のキャリアによる発熱量を少なくすることができる。それゆえ、挟持層の劣化を防止することができる。その結果、有機EL素子の性能の低下を防止することができる。その結果、有機EL素子の寿命が長くなる。

【0019】EL素子の積層構造は、キャリア流量抑制層を備え付ける他は特に限定されるものではない。キャリア流量抑制層以外の構成としては、例えば、先述したように、透明基板上に、ITOなどの透明導電材料からなる透明な陽極層と、有機質の蛍光分子を含む発光層と、Mg-Agなどからなる陰極層とが順に形成された構造であってもよいし、透明又は不透明な基板上に、Mg-Agなどからなる陰極層と、有機質の蛍光分子を含む発光層と、ITOなどの透明導電材料からなる透明な陽極層とが順に形成された構造であってもよい。

【0020】陽極層については、その材料で特に限定されるものではないが、仕事関数の高い材料を用いることが好ましい。仕事関数の高い材料からなる陽極層は、正孔を放出しやすく、正孔を効率よく注入することができる。陰極層についても、その材料で特に限定されるものではないが、仕事関数の低い材料を用いることが好ましい。仕事関数の低い材料からなる陰極層は、電子を放出しやすく、電子を効率よく注入することができる。

【0021】また、透明な陽極層の透明導電材料としては、ITOの他にAZO（Al添加ZnO）やSnO<sub>2</sub>なども挙げることができる。ここに挙げたいずれの材料からなる層も、スパッタリング法などの蒸着法によって形成することができる。一方、陰極層の材料としては、Mg-Agの他にAlなどの導電性金属を挙げることができる。ここに挙げたいずれの材料からなる層も、スパッタリング法などの蒸着法によって形成することができる。

【0022】ここで、陽極層をMg-Agなどの不透明な導電材料から形成したり、陰極層をITOなどの透明導電材料から形成してもよいが、現状の材料では仕事関数からの面からあまり好ましいとは言えない。発光層の材料の種類も特に限定されるものではなく、公知の材料を用いることができる。特に、陽極層及び陰極層に対して仕事関数の整合性をとりやすくなるように、最高被占軌道のエネルギー準位(HOMO準位)及び最低空軌道のエネルギー準位(LUMO準位)において、それぞれ適切なエネルギー準位を有する材料を用いることが好ましい。例えば、蛍光分子としてDCM1がドーブされたAlq<sub>3</sub>などが挙げられる。また、青色EL素子の発光層の材料には、DSAがドーブされたジスチリルアリーレン誘導体(DPVB1)などが挙げられる。緑色EL素子の発光層の材料には、トリスキノリノアルミニウム錯体(Alq<sub>3</sub>)や、メチルキナクリドンがドーブされたAlq<sub>3</sub>などが挙げられる。

【0023】また、陽極層となる電極層と発光層との間に正孔注入層や正孔輸送層を介装するとともに、陰極層となる電極層と発光層との間に電子注入層や電子輸送層などを介装することが好ましい。これらの層も、陽極層及び陰極層に対して仕事関数の整合性をとりやすくなるように、それぞれ適切なHOMO準位及びLUMO準位を有する材料を用いることが好ましい。

【0024】正孔注入層は、銅フタロシアン(CuPc)や、VO<sub>2</sub>、MO<sub>2</sub>、RuO<sub>2</sub>などから形成することができる。正孔輸送層は、トリフェニルジアミン誘導体などの第3級アミン誘導体や、MTDATA、ヒドラゾンなどから形成することができる。一方、電子注入層はLiFなどから形成することができる。電子輸送層は、ポリシランや、Bebq<sub>3</sub>、オキサジアゾール誘導体などから形成することができる。

【0025】以上に挙げた挟持層の各層は、真空蒸着法、ラングミュアプロジェクト蒸着法、有機分子線エビタキシー法など公知の蒸着方法を用いて形成することができる。また、各層の厚さについても特に限定されるものではなく、所望の発光特性が得られるように適切に選択する。なお、ほとんどの有機EL素子では、ITOよりなる陽極層が用いられている。このITOのHOMO準位は4.9eVである。従って、正孔注入層及び正孔輸送層には、仕事関数から4.9eV以上のHOMO準位を有する材料を用いることが好ましい。こうした正孔注入層の材料として、例えば銅フタロシアン(5.0eV)を挙げることができる。また、正孔輸送層の材料として、例えばトリフェニルアミンの四量体(5.1eV)を挙げることができる。

【0026】一方、キャリア流量抑制層は、過剰となるキャリアが正孔であるか又は電子であるかによってその実施形態が異なってくるが、いずれにおいても形設箇所や材料、層厚、形成方法などで特に限定されるものでは

ない。例えば、図2に示すように、透明基板100上に形成され、ITOよりなる陽極層110と、トリフェニルアミンの四量体(TPA4)よりなる正孔輸送層120と、キナクリドン誘導体をドーブしたアルミキノリノール誘導体(Alq<sub>3</sub>)よりなる発光層130と、アルミキノリノール誘導体(Alq<sub>3</sub>)よりなる電子輸送層140と、フッ化リチウムよりなる電子注入層150と、アルミニウムよりなる陰極層160とから構成される有機EL素子が知られている。この有機EL素子では、比較的高い発光輝度が得られるが、発光層130へ流入する正孔の流量が電子よりも過剰となることから、必ずしも満足できる発光輝度及び発光効率は得られていない。

【0027】このように発光層へ流入する正孔の流量が電子よりも過剰な有機EL素子については、正孔の流量を抑制する正孔流量抑制層を形設することができる。本発明では、陰極層と発光層との間に正孔流量抑制層を介設することも可能ではあるが、正孔流量抑制層は陽極層と発光層との間に介設されていることが好ましい。このように陽極層と発光層との間に正孔流量抑制層を介設することにより、過剰な流量の正孔が発光層に流入しないようにすることができる。発光層は、発光が起こる場所であって、特に劣化の防止が望まれる。このように再結合で余る正孔の発光層への流入量を減らすことによって、余剰の正孔の発熱による有機EL素子の劣化を効果的に防止することができる。また、その余剰の正孔の挟持層で流れる距離を小さくすることができる。その結果、余剰の正孔による発熱量を少なくすることができ、有機EL素子の劣化を防止することができる。

【0028】なお、陰極層と発光層との間に介設する正孔流量抑制層は、正孔の流量を抑制するとともに、電子を輸送する層である必要がある。一方、陽極層と発光層との間に介設する正孔流量抑制層は、再結合に必要な量の正孔を輸送しつつ、再結合に余剰となる正孔の流量を抑制する層である必要がある。また、本発明では、正孔流量抑制層が陽極層と発光層との間に介設された正孔輸送層の発光層側の表面上に形成されていることが好ましい。このように正孔流量抑制層を形設することにより、再結合で余る正孔の発光層への流入量を減らすことに加えて、発光開始電圧を低く抑えることができる。

【0029】ところで、キャリア流量抑制層についても、陽極層及び陰極層に対して仕事関数の整合性をとりやすくなるように、それぞれ適切なHOMO準位及びLUMO準位を有する材料を用いることが好ましい。特に、陽極層と発光層との間に介設された正孔輸送層の発光層側の表面上に正孔流量抑制層を形成する場合には、その正孔流量抑制層は正孔輸送層よりも低いHOMO準位を有することが好ましい。このようなHOMO準位を有する正孔流量抑制層を設けることにより、再結合に必

要な正孔の輸送能力を向上させることができる。

【0030】一方、正孔流量抑制層は、ナフチルピフェニルアミンの二量体 ( $\alpha$ -NPD) からなることが好ましい。 $\alpha$ -NPDは、正孔の流量を効果的に抑制することができる。 $\alpha$ -NPDよりなる正孔流量抑制層は、真空蒸着法や有機分子線エビタキシー法 (OMBE) などの形成方法により形成することができる。特に $\alpha$ -NPDのアモルファスより形成された正孔流量抑制層は、正孔の流量を極めて効果的に抑制することができるため特に好ましい。このような正孔流量抑制層の形成方法については、下記の実施例で詳述する。

【0031】正孔流量抑制層は、層厚で特に限定されるものではないが、10 nm以下の層厚を有することが好ましい。例えば $\alpha$ -NPDよりなる正孔流量抑制層は96℃の温度でガラス転移を起こして結晶化し、正孔輸送層及び発光層とのコンタクトがとれなくなり、正孔の注入量が極端に減少するか、もしくは注入できなくなる。その結果、発光層にそれぞれ流入する正孔の流量と電子の流量との均衡が壊れて、有機EL素子の発光特性が低下してしまう。

【0032】このようにガラス転移温度の低い材料からなる正孔流量抑制層においては、その層厚を10 nm以下にして薄膜化することにより、高温になっても結晶化を抑えることができ、正孔の流量の低下を少なくすることができるようになる。従って、有機EL素子を高温の環境下で保持しても発光特性の低下を少なくすることができる。ただし、正孔流量抑制層の層厚を2 nm未満にすると、正孔の流量を十分に抑制することが難しくなる。従って、正孔流量抑制層の層厚は、2~10 nmの範囲にあることが特に好ましい。

【0033】また、正孔流量抑制層は、最高被占軌道のエネルギー準位 (HOMO準位) に応じて材料を選択することが好ましい。従って、正孔輸送層の材料に銅フタロシアンやトリフェニルアミンの四量体を用いた場合、正孔流量抑制層の材料には、5.3 eV以上のHOMO準位をもつ材料を用いることが好ましい。トリフェニルアミンの二量体のHOMO準位は5.5 eVであり、ナフチルピフェニルアミンのHOMO準位は5.3 eVである。

【0034】他方、正孔輸送層は、130℃以上のガラス転移温度を有する材料からなることが好ましい。このように正孔輸送層の材料を選択することにより、有機EL素子の耐熱性をさらに向上させることができる。先に挙げたトリフェニルアミンの四量体は130℃のガラス転移温度をもつ。また、銅フタロシアンは130℃以上のガラス転移温度をもつと推定される。

【0035】ところで、有機EL素子によっては、雰囲気中に含まれる水分などによって劣化してしまうものがある。このような有機EL素子については、被包部材で密封することにより大気に触れないようにすることが好

ましい。このように大気に触れないようにすれば、大気中の水分などによる有機EL素子の劣化を防止することができる。

【0036】

【実施例】以下、実施例により本発明を具体的に説明する。

(実施例1) 本実施例の有機EL素子は、図1に示すように、ITOよりなる陽極層12 (層厚150 nm) と、TPA4よりなる正孔輸送層14 (層厚50 nm) と、正孔の流量を抑制する正孔流量抑制層16 (層厚10 nm) と、キナクリドン誘導体をドーブしたAlq<sub>3</sub>よりなる発光層18 (層厚30 nm) と、Alq<sub>3</sub>よりなる電子輸送層20 (層厚30 nm) と、フッ化リチウムよりなる電子注入層22 (層厚0.5 nm) と、アルミニウムよりなる陰極層24 (層厚150 nm) とから構成されるものである。正孔流量抑制層16は、 $\alpha$ -NPDのアモルファスより形成されている。

【0037】この有機EL素子は、透明ガラスよりなる透明基板10 (板厚1.1 mm) 上に形成されており、一面に開口をもつ箱状の被包部材26により密封されている。この被包部材26は、ステンレス (SUS) より形成されているもので、その開口の周縁にフランジ状の突出部26aが形成されており、その突出部26aで透明基板10と接着剤28で接着されている。また、有機EL素子と被包部材26の間には空間部30が形成されており、その空間部30には窒素ガスが封入されている。この有機EL素子は、次の手順で作製した。

【有機EL素子の形成】 先ず、1.1 mmの厚さをもつ透明基板10を用意し、その透明基板10上にスパッタリング法により陽極層12を形成した。続いて、陽極層12の表面上に、正孔輸送層14、正孔流量抑制層16、発光層18、電子輸送層20、電子注入層22及び陰極層24の順にそれぞれ真空蒸着法により形成した。

【有機EL素子の密封】 透明基板10及び被包部材26の突出部26aの少なくとも一方の接着面に、紫外線が照射されると硬化する接着剤28を塗布し、それらの接着面の間に隙間なく接着剤28が介在するように、窒素ガスの雰囲気中で透明基板10と被包部材26の突出部26aとを重ね合わせた。

【0038】次いで、紫外線ランプを用意し、その紫外線ランプから発せられた紫外線を、有機EL素子をマスクで遮蔽しながら接着剤28に照射した。その結果、接着剤28が硬化して、有機EL素子が密封された。

(実施例2) 本実施例の有機EL素子は、正孔輸送層の層厚が55 nmであって、正孔流量抑制層の層厚が5 nmである他は、実施例1と同様の有機EL素子であって、同様の作製方法により作製した。

(実施例3) 本実施例の有機EL素子は、正孔輸送層の層厚が58 nmであって、正孔流量抑制層の層厚が2 nmである他は、実施例1と同様の有機EL素子であって

て、同様の作製方法により作製した。

(実施例4) 本実施例の有機EL素子は、正孔輸送層の層厚が30nmであって、正孔流量抑制層の層厚が30nmである他は、実施例1と同様の有機EL素子であって、同様の作製方法により作製した。

(比較例1) 本比較例の有機EL素子は、図2に示した有機EL素子と同じ構造を有するものであって、正孔流量抑制層以外の層は、実施例1と同様の作製方法により作製した。なお、正孔輸送層の層厚は60nmである。

【0039】この有機EL素子も、実施例1と同じ透明基板100上に形成されており、実施例1と同じ被包部

材170により、その突出部170aで透明基板100と接着剤180で接着されて密封されている。また、有機EL素子と被包部材170との間の空間部190には窒素ガスが封入されている。

【室温の環境下での発光効率の測定】実施例1～4及び比較例1でそれぞれ作製された有機EL素子について、まず室温の環境下で8mA/cm<sup>2</sup>の電流で駆動させたときの発光輝度及び発光効率をそれぞれ測定した。それらの測定結果を表1に示す。

【0040】

【表1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	比較例1
発光輝度(cd/m <sup>2</sup> )	890	930	900	820	630
発光効率(lm/W)	5.1	5.7	5.7	4.6	4.5

表1より、実施例1～4の有機EL素子では、いずれにおいても発光輝度及び発光効率が比較例1の有機EL素子のものよりも大きいことがわかる。このような結果が得られたのは、実施例1～4の有機EL素子においては、正孔流量抑制層によって正孔の流量が抑えられ、発光層に流入する正孔と電子との流量がそれぞれ均衡したことが考えられる。実施例1～4の有機EL素子に対し、比較例1の有機EL素子では、正孔の流量が電子に比べて多いため、発光に寄与しない正孔が流れて、発光輝度が小さくなると考えられる。

【0041】また、実施例1～3の有機EL素子では、実施例4の有機EL素子に比べて発光輝度及び発光効率が特に向上していることがわかる。このような結果が得られた理由としては、 $\alpha$ -NPDよりなる正孔流量抑制層は、発光層に流入する正孔と電子の流量を均衡させ

て、有機EL素子の発光輝度を高める反面、その駆動電圧を上昇させてしまうことが考えられる。実施例1～3の有機EL素子では、正孔流量抑制層の層厚が10nm以下にあるため、駆動電圧が十分に低く抑えられ、発光効率が大きく向上したものと考えられる。このことから、 $\alpha$ -NPDよりなる正孔流量抑制層の層厚は10nm以下が好ましい。

【高温の環境下での発光効率の測定】次いで、実施例1～4及び比較例1でそれぞれ作製された有機EL素子について、100℃で500時間保持した後に、8mA/cm<sup>2</sup>の電流で駆動させたときの発光輝度及び発光効率を室温の環境下でそれぞれ測定した。それらの測定結果を表2に示す。

【0042】

【表2】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	比較例1
発光輝度(cd/m <sup>2</sup> )	520	630	610	410	440
発光効率(lm/W)	2.8	3.7	3.7	2.3	3.0

表2より、実施例1～3の有機EL素子のいずれの発光輝度も、比較例1の有機EL素子のものに比べて大きいことがわかる。一方、実施例4の有機EL素子の発光輝度も、並みの発光輝度をもつ比較例1の有機EL素子とは大きな差がないものの、実施例1～3の有機EL素子に比べると明らかに劣っている。この結果から、正孔流量抑制層の層厚を10nm以下の範囲にすれば、その正孔流量抑制層を備えた有機EL素子は、高温の環境下に保持されても、高い発光輝度を保つことができることがわかる。

【0043】また、実施例2及び実施例3の有機EL素子のいずれの発光効率も、比較例1の有機EL素子のものに比べて大きいことがわかる。一方、実施例1及び実施例4の有機EL素子も並みの発光効率をもつ比較例1の有機EL素子とは大きな差がないものの、実施例2及び実施例3の有機EL素子に比べると明らかに劣っている。この結果から、正孔流量抑制層の層厚を2～5nmの範囲内にすれば、その正孔流量抑制層を備えた有機EL素子は、高温の環境下に保持されても、高い発光効率を保つことができることがわかる。

【0044】他方、実施例1～4及び比較例1の有機EL素子では、正孔輸送層の厚さも異なるため、その影響も考えられうる。しかし、いずれの有機EL素子の正孔輸送層もガラス転移温度が130℃のTPA4よりなるため、100℃の高温で保持されてもその性質は厚さに関係なく低下していないと考えられる。それゆえ、正孔輸送層の厚さは、高温に保持された有機EL素子の発光特性の低下に大きな影響を与えているとは考えにくい。

【0045】従って、正孔流量抑制層の層厚を10nm以下にすると、有機EL素子の高温による発光特性の低下を十分に防止することができ、特に5nm以下にさらに限定すると、さらにその発光特性の低下を防止するこ

とができる。

【図面の簡単な説明】

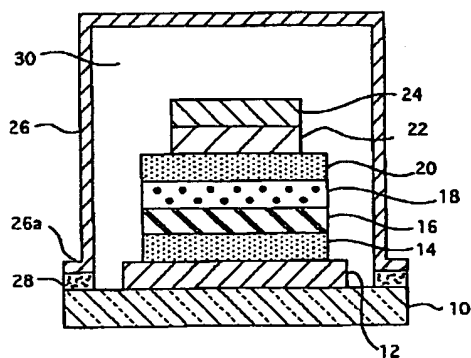
【図1】 実施例1の有機EL素子を概略的に示す縦断面図である。

【図2】 比較例1の有機EL素子を概略的に示す縦断面図である。

【符号の説明】

10：透明基板 12：陽極層 14：正孔輸送層 16：正孔流量抑制層  
18：発光層 20：電子輸送層 22：電子注入層 24：陰極層

【図1】



【図2】

